

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学 号: 24320071154210

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

# 基于 LBP 特征的人脸表情分析研究

Study of Facial Expression Analysis Based on LBP Features

黄纯得

指导教师姓名: 龙 飞 副 教 授

专 业 名 称: 计算机软件与理论

论文提交日期: 2010 年 5 月

论文答辩日期: 2010 年 6 月

学位授予日期: 2010 年 6 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2010 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于  
年    月    日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年    月    日

## 摘 要

近几十年来，人脸表情分析与识别已经成为了一个非常活跃的研究领域，这个领域包含了众多的理论与技术的研究，并且具有非常广阔的应用潜力。人脸表情自动识别技术的研究涉及到计算机视觉，模式识别与机器学习，以及心理学等多个学科。

本文基于 LBP 特征表示的表情识别进行全面地研究，采用了多种不同的 LBP 模型，使用不同的参数分析识别效果差异，还使用不同的特征选择方式对由 LBP 模型生成的特征进行选取，分析不同特征选择策略对最终分析效果的影响；此外，本文还研究了不同表情强度对识别效果的影响，通过实验比较动态分析方法与静态方法在不同表情强度下优劣。本文提出了一种新的 LBP 模型，并利用该模型来进行表情识别，这是本文的主要的创新点之一。工程实现的细节与分析使得本文的研究可以从更加细微的角度来分析 LBP 的理论基础及利用 LBP 特征表示进行模式识别的性能。文章也对现有的一些研究方法进行了验证，如用于动态分析表示的 VLBP (Volume Local Binary Pattern)，本文通过实验分析 VLBP 在动态表情分析的效果较静态分析的优势与潜在的不足。此外，本文提出了一些新的概念，如 LBP 的零率 (Zero Ratio) 降维方法；不规则区域分块的 LBP 表示 IRLBP (Irregular Region Local Binary Pattern)，本文通过实验的方法验证了所有假设。

本文主要研究 6 种基本表情的分析上，即：高兴 (Happy)、生气 (Anger)、伤心 (Sadness)、害怕 (Fear)、厌恶 (Disgust) 和惊奇 (Surprise)，之所以选取这几个表情作为研究对象是因为这些表情我们每天都可能遇到，从直觉上我们能更好地去判断本文所采取的研究方法和实验结果是否与人们的生活经验符合。

我们开发了一系列实验工具，包括数据可视化工具，数据处理工具，各种特征表示生成模块，样本训练分类系统，并开发了一个可用于测试相关算法和模型效果的演示系统，所有的这些软件系统组成了本文的实验平台。

**关键词：** 表情分析； LBP； Zero-Ratio； IRLBP

## Abstract

Over the last decades, facial expression analysis has been a field attracting more and more attention; it requires board of knowledge and technologies. Automatic facial expression analysis finds promisingly potential application in areas such as more engaging human-computer interface, criminal- track and entertainment etc. it demands knowledge of physiology, even that of anatomy.

In this dissertation, we study the facial expression analysis based on Local Binary Pattern (LBP) comprehensively, several LBP Models are used for feature representation. The dissertation compares the abilities of several types of LBP (Such as Volume Local Binary Pattern) Model in several variations with different dimensions, Block-Based technologies as well as resolutions. We also study the impact of different expressions intensity on experimental results; Compare the relative advantages and shortcomings between static analysis and dynamic analysis when the intensity is varied. Based on the results of conducted experiments, we proposes a novel LBP Model, we name it Irregular Region Local Binary Pattern (IRLBP); Besides, a completely new technology based on Zero-Ration of Sub-Feature for feature selection is also proposed, experiments and relative definitions will be detailed in coming chapters.

Our research mainly focus on 6 conventional expressions, namely Happy, Anger, Sadness, Fear, Disgust and Surprise since we will be capable to compare the experimental results with our daily experiences, which would be valuable when time and experimental resource are limited.

In the process of our research, we developed a series of software tools for data formatting and pre-processing, we coded several distinguished feature generators and classifiers; furthermore, we also developed a system for algorithms evaluation and real-time analysis.

**Key words:** Facial Expression Analysis; LBP; Zero-Ratio; IRLBP

# 目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 研究背景及选题意义 .....	1
1.2 研究现状及存在的问题 .....	2
1.3 主要的研究内容和特色 .....	5
1.4 本文的结构安排 .....	6
第二章 基于积分图的眼睛定位算法 .....	7
2.1 积分图 (Integral Image) .....	7
2.2 基于积分图的眼睛定位算法 .....	8
2.3 本章小结 .....	12
第三章 基于零率的LBP特征选取算法 .....	13
3.1 LBP特征 .....	13
3.2 零率与有效特征 .....	15
3.3 本章小结 .....	21
第四章 LBP特征的静态分析与动态分析研究 .....	22
4.1 相对样本强度 .....	22
4.2 心理学的研究成果 .....	24
4.3 静态表情分析 .....	24
4.3.1 不同的分块策略 .....	25
4.3.2 不同参数配置实验 .....	30
4.4 动态表情分析研究 .....	32
4.4.1 XYT-VLBP .....	33
4.4.2 旋转不变性 .....	35
4.5 使用AdaBoost进行特征选择 .....	43
4.6 一种新的LBP分块模型 .....	47
4.7 不同表情强度下的表情分析研究 .....	52

4.7.1 静态分析对样本强度的敏感性研究.....	53
4.7.2 动态分析对样本强度的敏感性研究.....	58
4.8 本章小结 .....	60
<b>第五章 系统的工程实现 .....</b>	<b>61</b>
5.1 开发工具和演示系统 .....	61
5.2 主要研究工具的开发设计 .....	64
5.3 实时识别效果和问题 .....	69
5.4 本章小结 .....	71
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>72</b>
6.1 总结 .....	72
6.2 工作展望 .....	72
<b>参考文献.....</b>	<b>73</b>
<b>研究生期间发表的论文 .....</b>	<b>78</b>
<b>致谢.....</b>	<b>79</b>



# Contents

<b>Chapter1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1 Research Background and Objective.....	1
1.2 Research Status and Difficulty .....	2
1.3 Main Contents and Key Points of the Dissertation.....	5
1.4 Structure of the Dissertation.....	6
<b>Chapter2 Eye Localization Based On Integral Image.....</b>	<b>7</b>
2.1 Integral Image .....	7
2.2 Eye Localization Using Integral Image.....	8
2.3 Summary.....	12
<b>Chapter3 Feature Selection Based On Zero-Ratio Approach .....</b>	<b>13</b>
3.1 LBP Feature Representation.....	13
3.2 Zero-Ration and Discriminant Sub-Feature .....	15
3.3 Summary.....	21
<b>Chapter4 Static and Dynamic Analysis Using LBP.....</b>	<b>22</b>
4.1 Relative Expressial Intensity.....	22
4.2 Some Research of Psychology .....	24
4.3 Static Facial Expression Analysis .....	24
4.3.1 Comparison of Diffirent Block Sizes.....	25
4.3.2 Researches with Different Paraments Configuration.....	30
4.4 Dynamic Facial Expression Analysis. . . . .	32
4.4.1 XYT-VLBP .....	33
4.4.2 Rotation Invariation .....	35
4.5 Feature Selection Using AdaBoost.....	43
4.6 A Noval Block-Based Approach.....	47
4.7 Reserch of Sample Intensity.....	52
4.7.1 Static Analysic Sensitivity to Sample Intensity .....	53
4.7.2 Dynamic Analysic Sensitivity to Sample Intensity.....	58

---

4. 8 Summary .....	60
<b>Chapter5 System Development.....</b>	<b>61</b>
5.1 System Development.....	61
5.2 Research Tools Development .....	64
5.3 Real-Time Recognition and Problems.....	69
5.4 Charpter Summary.....	71
<b>Chapter6 Conclusion and Future Work .....</b>	<b>72</b>
6.1 Conclusion .....	72
6.2 Future Work .....	72
<b>References .....</b>	<b>73</b>
<b>Publications.....</b>	<b>78</b>
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>79</b>

## 第一章 绪论

表情识别<sup>[1-8]</sup>是最近几十年来非常热门的一个研究领域，是人工智能研究的一个方向。LBP(Local Binary Pattern)<sup>[9]</sup>作为一种常用的特征表示手段，在应用上也已经取得非常好的效果。本章将对表情识别的研究现状以及存在的问题等进行阐述，并且在最后对本文研究内容及研究过程进行一些总体的概述。

### 1.1 研究背景及选题意义

随着计算机理论与技术的不断发展，人类渴望实现人工智能的梦想也变得更现实可行。几十年来，情感感知一直是人们对于计算机的良好期望，人们希望有朝一日能创造出可以感受到人们的表情，甚至是内心情感状态及其变化的智能机器。同时，人类对这样的机器寄托着美好的心愿，那就是人们可以利用这样的机器来代替自身去做一些自身有时不愿意做或者没办法做到的事，如 24 小时照顾一些需要一直关注的病人，并及时满足他们的需要；此外，人们还希望创造出具有情感的机器人，它们就可以和人类的小孩子一起玩耍，帮助人们照顾孩子老人。这样的机器人将会给人们的生活带来如此多便利，那是怎么样美好未来。尽管科幻电影中不断向人们描述这样的技术革命可能会给人类带来灾难，但这些都无法让人们放弃对人工智能的追求。

此外，人脸表情是人类一种最有效、最自然和最直接的情感交流方式，自动的人脸表情分析(Automatic Facial Expression Analysis)是一个非常有趣但同样充满挑战的课题。表情分析具有非常广阔的应用前景，如情感感知、人机交互(Human-Computer Interaction)<sup>[10]</sup>和数据驱动动画(Data-Driven Animation)<sup>[11]</sup>等。

由于表情识别的现实意义和无限的应用潜力，使之成为目前非常热的一个研究领域。同时，作为人工智能领域非常重要的一个分支，在表情分析方面的研究方法和理论成果也能够为其它智能领域的研究提供很好参考，因此，表情识别存在着重要的现实意义，也有非常重要的科研价值。LBP作为一种非常有效的特征表示方式，已经得到了广泛的应用；如在利用ASM(Active Shape Model)<sup>[12]</sup>的人脸的特征定

位和AAM（Active Appearance Model）<sup>[13]</sup>的人脸识别研究中，就可以用LBP来描述脸部特征的统计信息；在人脸身份识别，LBP也是一种很有用的表示特征。

## 1.2 研究现状及存在的问题

表情识别在现有的理论上，主要是采取对基本表情进行分类识别，从本质上来讲就是分类的问题，也就是如何让计算机准确地区分一个表情所包含的成分，并通过动态地跟踪，判断出一个变化的表情所表示的情感内容。目前的工作基本上是集中在表情的识别中，不论是静态识别的研究，还是动态识别的研究，其目的都是尽可能地提高识别的精度。由于表情变化还涉及到人物内心情感的变化，目前在这方面的研究报告还比较少，主要的都是一些心理学的研究，其中一个重要的原因是对这种微妙变化的解释需要涉及到文化背景，年龄或个人经历等非技术类问题。

由于表情分析本质上是分类问题，因此和很多分类问题一样，表情识别的研究也主要集中在以几个方面，即，特征表示、特征选择、分类等。当然，有些研究方法也可以不遵循这样的过程，如一些表情识别使用PCA（Principal Component Analysis）<sup>[14]</sup>的分析方法的，就可以不需要特征选择这一步，本文中并没有采用PCA这种分析方法。通常，在一个比较完整的识别过程大致可以用以下的过程图(图 1.1)来描述：



图 1.1：一个广泛的表情分析框架

在特征表示方面的研究也非常的多，有单一的表示，也有多种方法复合使用。

如有人只用Gabor小波,通过选择显著的特征就可以进行很好的分析和识别;也有的只用LBP来分析表情;近些年来也出现了用Gabor小波和LBP结合<sup>[15-16]</sup>的表示方式,同样取得了比较满意的效果。在表情研究的早期,研究主要是针对静态的表情研究,即一般分析过程只涉及到一帧表情图像。随着近几十年的发展,已经有很多研究把表示方法扩展到动态的表情分析中<sup>[17-21]</sup>,即对一组连续的动态变化的表情图像序列进行分析与识别。与此同时,在特征表示方法上也出现了变体,如有人为了继续用LBP来表示这样的动态特征,对其做了扩展,于是出现了Volume Local Binary Pattern (VLBP)<sup>[22-23]</sup>,这是一种将LBP表示扩展动态的特征分析中。此外,对于某种表示方法,也会有众多的变种,如有些文章就采用了多分辨率(Multiple Resolution)<sup>[23]</sup>的方法,即用不同半径的LBP作用在同一图像上以获得更多的信息。总之,目前的每种特征表示方法及其变种的目的都是为了能够获取更多显著特征,提高表情识别的精度。

特征提取的方法也有多种,AdaBoost<sup>[24]</sup>经常被用来选择出足够多的显著特征,这是一种非常有效而广泛应用的方法;也有用PCA来进行降维的;FLD(Fisher Linear Discriminant)<sup>[25-27]</sup>同样能够用来选择特征和设置权重;本文根据LBP表示的一些特点,提出一种根据训练样本子特征的零率(Zero-Ratio)大小的降维方法,这样可以非常方便且快速地对LBP模型生成的特征进行降维,可以地减少非显著性特征的数量,本文会在后面的章节中详细介绍这种方法的有效性和处理方式。

训练分类器的方法也有许多。如有人通过训练离散HMM<sup>[27-30]</sup>模型来分析各种表情;上面提到的AdaBoost也是一种有效的分类器,我们在人脸识别的研究中也使用过这样的方法;还有使用神经网络来分类,但神经网络<sup>[31]</sup>的训练有时会无法有效收敛;目前比较常用和有效的方法是使用SVM(Support Vector Machine)<sup>[32-34]</sup>来分类,本文在研究过程中也采用了SVM作为分类器,因为在众多方法中,SVM已经被很多实验证明是非常有效的方法,SVM的分类能力非常强大,而且有很多可以选的核函数和类型,本文可以通过实验找出最好的核函数与类型。

虽然表情分析在很大程度上已经取得令人兴奋的进展,并且也开发出一些实验原型演示系统,但由于表情分析的复杂性,还存在着一些没有很好解决的问题,如在特征表示方面,虽然人们已经从实验上证明LBP特征在描述脸部信息上有很好的效果,但实验上也出现了非常多不同的变种,不同种类之间所取得的效果也是不同

的，如分块方法，目前的分块一般都是采用简单的矩形子区域（如图 1.2所示），即把每一张人脸图像通过水平和垂直的分割使之成为一组大小差不多的子块，然后在每个子块上应用LBP来描述，最后在用某种方式将表示后的结果组合起来。这样的简单的分块与人脸部的非简单分布存在着明显的不协调关系，根据本文的研究结果和实验过程积累的认识，本文提出了一种新的分块模型（IRLBP）。这个模型能非常有效地表示出人脸的复杂区域关系，而不是简单地将其分割成矩形。

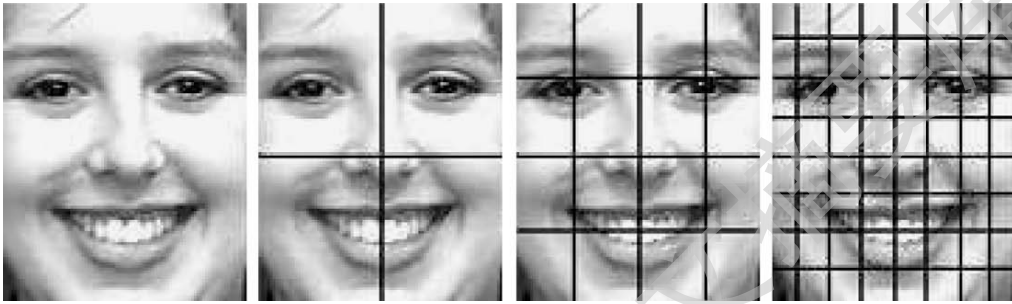


图 1.2：一组人脸分块方式

除此之外，目前引起非常多关注的动态表情分析也存在着技术上的难题，由于动态表情是人脸部肌肉在非常短暂的时间内连续变化引起的，而一个完整的表情过程应该是由一个起始点（Onset）渐渐过渡到表情强度最大点（Apex），然后回来与起始点一致的结束点（Offset），这个过程够成一个表情序列（Sequence）。实际应用中普遍采用的并不是这样的一完整的序列，而是仅使用从 Onset 到 Apex 的部分。这样的分析技术在样本分析上虽然是可以取得很好的效果，但在在实际的应用中，很难简单地判断在视频中什么时候是 Onset，什么时候达到 Apex，这使得在实验上的实验方法难以有效的适应现实系统的需要。

最后，由于训练和分析用的样本一般都是采用样本中完整的序列，这些样本集都是从 Onset 到 Apex 的，即从表情强度为中性到最大值的序列，而现实的应用中，人们很少做出如此完整的表情过程，而且经常人们的表情只是非常小的副度变化，采用具有完整强度的样本来训练会在一定程度上降低实际应用的鲁棒性（Robustness），因此如何在训练过程中选择样本的强度也是一个值得深入研究的方向。



图 1.3: 训练样本中取出的一些样本序列

### 1.3 主要的研究内容和特色

本文的研究是一个反复发现问题，分析问题和解决问题的过程，这是本文研究的一个特点之一。本文的主要研究内容如下：

首先，本文提出了一种基于积分图的全新眼睛定位算法，这是由于在对现有的很多算法进行实验后本文发现这些算法的实时性让人很不满意，本文提出的算法在图像相对清晰的情况下能以非常高的精度来定位眼睛，而且在速度上有了极大的提高。由于眼睛定位能为人脸标准化提供有效的参考点，标准化后的人脸可以大大降低由于人脸尺度的大小差异和旋转方向不同所带来的干扰因素。

第二，在特征选取方式上，本文通过对 LBP 表示的样本特征数据从不同角度进行分析，提出了基于零率的特征选择方法，并在随后的实验中验证这样的算法是有效可行。从理论上来说，这样的选择算法可以做为其它特征选取算法的前端，可以用来降低后端算法进行特征选择的难度。

第三，针对目前动态分析方法和静态分析方法存在的差别，本文进行了大量的实验比对，给出两种不同的分析方法在不同表情识别上的相对优劣结果，并进行相关讨论。

第四，本文在对动态和静态分析方法的比较后发现 LBP 算法对于区域的分割方

式非常敏感。在此基础上提出了一种通用的，能够描述任何一种分割方式的区域分块模型（IRLBP），并通过实验证明这个方法的有效性和潜在的优势。

第五，本文就不同的样本强度<sup>1</sup>对实验分析效果的影响和在实际中的应用也做了深入的研究，并且在实验上进行了验证。

最后，本文就如何开发原型系统的工程实现问题进行了一定的研究，对于工程上如何实现实时的识别系统做出了有意义探索，并开发出可以用于演示的实时系统。

## 1.4 本文的结构安排

本文共分成六章，系统地研究了基于 LBP 特征的表情分析方法中涉及到的各种细节和存在的问题，着重从实验上进行分析与验证，最后，简要地介绍了工程实现经验和方法。本文的内容结构安排如下：

第一章 绪论首先介绍本文的研究背景，选题意义和当前研究的现状，并对本课题的研究方法、研究内容和研究特色及文章结构进行了概述。

第二章 首先就现有的眼睛定位算法的优劣做了简单的分析，然后介绍本文提出的全新的眼睛定位算法，最后在实验上论证所提出的算法的可行性，优劣以及适用条件，前与其它算法进行比较。

第三章 介绍 LBP 特征的基本概念和表示方式，分析 LBP 特征表示的特点，并从线性代数理论上给出了相关分析，在分析的基本上提出基于零率的特征选择方法，最后在实验上验证算法的可行性。

第四章 此章是本文的核心部分，重点研究目前的动态分析方法与静态分析情况，通过大量的实验数据给出两种分析方法的差别和优劣。提出的新的 LBP 区域分块模型，阐述模型所包含的分析思想，并通过实验方法给出新模型的有效性。研究在不同样本强度下实验效果与现实应用的效果的差别。

第五章 探讨系统开发的工程问题和解决方法，展示演示系统与开发工具的工程结构。

第六章 总结与展望，对本文的研究结果进行了归纳和总结，并在此基础上提出了未来的研究方向。

---

<sup>1</sup> 在表情分析中是批是表情强度



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库